

**DISEÑO DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DE EQUIPOS INDUSTRIALES Y REDES HOSPITALARIAS**

**JUAN CAMILO SANCHEZ BRAVO**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
PROGRAMA INGENIERÍA BIOMÉDICA  
SANTIAGO DE CALI  
2011**

**DISEÑO DE UN MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO  
PREVENTIVO DE EQUIPOS INDUSTRIALES Y REDES HOSPITALARIAS**

**JUAN CAMILO SANCHEZ BRAVO**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Biomédico**

**Directora  
FABIOLA OBANDO  
Ingeniera Electricista  
Electro Medicina y Gestión Tecnológica Hospitalaria**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE AUTOMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
PROGRAMA INGENIERÍA BIOMÉDICA  
SANTIAGO DE CALI  
2011**

**Nota de aceptación:**

Aprobado por el Comité de Trabajos de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Universidad Autónoma de Occidente para optar al título de Ingeniero Biomédico.

**Inq. FABIOLA OBANDO**

Jurado o Docente o Director

---

Jurado o Director o Director

Santiago de Cali, 23 de Febrero de 2011.

Este trabajo de grado está dedicado a mi familia que a través de los años con su amor y esfuerzo han contribuido en mi proceso de desarrollo como persona íntegra, siendo un pilar sobre el cual se construyeron los cimientos durante el proceso académico.

## **AGRADECIMIENTOS**

Se agradece a los profesores de la facultad de Ingeniería quienes dieron las bases para iniciar el proceso, especialmente se extienden los agradecimientos a los profesores del programa de Ingeniería Biomédica quienes en su labor diaria guiaron e impartieron sus conocimientos de las respectivas áreas de formación del Ingeniero Biomédico, suficientes para el desarrollo del presente proyecto.

Se agradece a Fabiola Obando por su dedicación y entrega en el planteamiento y desarrollo del proyecto, por su asesoría continua durante todas las fases del mismo, y por su preocupación constante.

## CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	11
RESUMEN	13
INTRODUCCIÓN	14
1. INGENIERÍA HOSPITALARIA	18
1.1 FUNCIONES DE LA INGENIERÍA HOSPITALARIA	20
1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	20
1.3 MARCO LEGAL DE LA TECNOLOGÍA BIOMÉDICA EN COLOMBIA	21
1.3.1 Ministerio de Protección Social	21
1.3.2 Superintendencia Nacional de Salud	22
1.3.3 Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)	23
2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ESPECÍFICOS Y DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS INGENIEROS Y REDES HOSPITALARIAS	24
2.1 SISTEMA ELÉCTRICO	24
2.2 SISTEMAS DE VAPOR	35
2.3 ESTERILIZACIÓN	38
2.4 GASES MEDICINALES	40
2.5 SISTEMA DE CORRIENTES DÉBILES	45
2.6 TRATAMIENTO DE AGUA	45

	Pág.
3. DISEÑO DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	48
4. DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONTROL	54
5. DISEÑO FINAL DE LOS PROCEDIMIENTOS Y CRONOGRAMA	56
6. CONCLUSIONES	58
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	62

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadros 1. Indicador de colores, RETIE.	25
Cuadros 2. Niveles de seguridad aceptados en caso de falla simple.	26
Cuadros 3. Niveles de corrientes a 50 – 60 Hz que pueden producir la muerte.	26
Cuadros 4. Efecto fisiológico de corrientes eléctricas.	27
Cuadros 5. Requisitos para electrodos a tierra, RETIE.	30
Cuadros 6. Relación de temperatura/tiempo de esterilización por calor seco.	40
Cuadros 7. Equipos para suministro principal y “plan b”, NFPA 99.	41
Cuadros 8. Elementos a controlar vs Norma.	51



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Valoración de los círculos de la Calidad.	19
Figura 2. Diagrama de conexión a tierra en el entorno paciente y conexión tipo estrella.	28
Figura 3. Sistema con puestas a tierra dedicada e interconectada.	29
Figura 4. Sistema de puesta a tierra.	31
Figura 5. Esquema de sistema eléctrico principal y planta de emergencia.	32
Figura 6. Sistema de descarga de pararrayo.	34
Figura 7. Diagrama de proceso de esterilización.	39
Figura 8. Esquema general de conformación de un estanque criogénico.	42
Figura 9. Proceso de tratamiento del agua de consumo.	46
Figura 10. Esquema del sistema de purificación, acumulación y distribución de agua para hemodialisis.	47

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Protocolos de mantenimiento.	62
Anexo B. Lista de chequeo.	62
Anexo C. Programación de mantenimiento.	62
Anexo D. Cd de datos.	MM

## GLOSARIO

**COMPONENTE:** Elemento que forma parte de ó que en conjunto con otros elementos compone un equipo<sup>1</sup>.

**DISPONIBILIDAD:** Es la propiedad de un sistema que representa la continuidad del servicio prestado, se define como la probabilidad de que el componente o sistema se encuentre apto o listo para operar en el momento que sea requerido<sup>2</sup>.

**EFFECTIVIDAD:** Quiere decir que el propósito se ha logrado bajo las condiciones reales del lugar donde se llevó a cabo. Dicho de otra manera, cuando se llevan a la práctica acciones para lograr el propósito que previamente se alcanzó bajo condiciones ideales y éste se consigue bajo las condiciones reales existentes, los recursos puestos en función para ese fin fueron efectivos<sup>3</sup>.

**ENTORNO:** Es un espacio o lugar destinado para el examen y/o tratamiento de los pacientes, que se extiende hasta 1,8 metros, de la ubicación normal de la cama, silla, camilla, o cualquier otro dispositivo que soporte al paciente durante examen o tratamiento e incluye una extensión vertical de 2,3 metros sobre el suelo<sup>4</sup>.

**FALLA:** Se refiere a la función del equipo o sistema y se define como el defecto material de una cosa que merma su resistencia, o como una desviación de lo esperado.

**MANTENIMIENTO:** Combinación de acciones llevadas a cabo para sustituir, reparar, mantener o modificar los componentes de un equipo para que continúe operando con la disponibilidad especificada durante un periodo de tiempo.

**MANTENIMIENTO CORRECTIVO:** Actividad humana desarrollada en equipos e instalaciones, cuando a consecuencia de alguna falla, han dejado de prestar la calidad de servicio esperada.

---

<sup>1</sup>REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. 21 ed. Madrid: Espasa Calpe, 1992

<sup>2</sup>RODRÍGUEZ, ERNESTO. Ingeniería Clínica. Sociedad cubana de bioingeniería. 2007

<sup>3</sup>BOUZA, ALEJANDRO. Reflexiones acerca del uso de los conceptos de eficiencia, eficacia y efectividad en el sector salud. Revista Cubana Salud Pública. 2000

<sup>4</sup> NFPA No. 99 (2002) Standard for Health Care Facilities. Quincy. MA: National FIRE Protection

**MANTENIMIENTO PREVENTIVO:** Este mantenimiento normalmente incluye inspecciones periódicas de instrumentos y equipos, haciendo las tareas de limpieza, lubricación, ajuste, comprobación y reemplazo de componentes defectuosos, que pudieran fallar, alterando el estado operacional del equipo antes de la próxima fecha<sup>5</sup>.

**RENDIMIENTO:** Proporción entre el producto o el resultado obtenido y los medios utilizados<sup>6</sup>.

**VERIFICACIÓN:** Suministro de evidencia objetiva de que un determinado artículo cumple los requisitos especificados<sup>7</sup>.

---

<sup>5</sup> REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Diccionario de la lengua española. 21 ed. Madrid:Espasa Calpe, 1992

<sup>6</sup> RODRÍGUEZ, ERNESTO. Ingeniería Clínica. Sociedad cubana de bioingeniería. 2007

<sup>7</sup> Ibid., p. 12

## **RESUMEN**

En este trabajo se propone un manual de procedimientos para el mantenimiento preventivo de equipos y redes hospitalarias, partiendo de varias fuentes de información técnica, de las cuales se seleccionan y adaptan los procedimientos de acuerdo a las necesidades.

Una vez establecido los procedimientos para cada sistema ingeniero y red hospitalaria incluidos en el manual, se elaboraron listas de chequeo que permitieran el control de la aplicación de los procedimientos propuestos en el manual. A demás se realiza el cronograma de planeación anual para el mantenimiento de cada sistema.

Una vez finalizado el proceso completo de diseño, se implementa un manual de procedimientos para el mantenimiento preventivo de equipos industriales y redes hospitalarias. La aplicación de este manual permitirá el adecuado proceso de gestión de mantenimiento, logrando mejorar la calidad de los servicios prestados en las instituciones de salud, optimizando los procesos de los sistemas ingenieros y redes hospitalarias.

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo desde finales de los años setenta de la tecnología electrónica en los equipos médicos y el desarrollo de los computadores, la automatización y las telecomunicaciones, ha hecho del servicio de la salud un sistema cada vez más complejo, exigiendo que los equipos biomédicos, que son uno de los pilares en la prestación de un servicio con calidad, funcionen de manera óptima. Para garantizar esto, es de vital importancia asegurar el adecuado funcionamiento de los equipos y las redes hospitalarias, ya que son estos los encargados del suministro y apoyo de los equipos biomédicos.

El proyectar y realizar planes de mantenimiento preventivo sobre los equipos biomédicos, ha sido siempre una preocupación y énfasis de trabajo de la ingeniería clínica, por lo que se hace necesario enfocar también los esfuerzos en tener un plan de mantenimiento para las tecnologías complementarias y redes hospitalarias. Asegurando el buen funcionamiento de los equipos y redes hospitalarias, se garantiza la continuidad en la prestación del servicio, encargándose de esto la ingeniería hospitalaria.

La relación entre las ramas de ingeniería clínica e ingeniería hospitalaria entrelazan también los costos de productividad de los equipos y mantenimiento de redes e infraestructura de la institución.

El proceso de un adecuado sistema de mantenimiento, exige estandarizar los pasos y procedimientos para llevar a cabo las tareas relacionadas con la conservación y el mantenimiento de los equipos y las redes hospitalarias, de un establecimiento de salud.

De acuerdo a la documentación encontrada, existe información variada de procedimientos de mantenimiento según el área, red o infraestructura de las instituciones prestadoras de salud; esta fragmentación de la información dificulta la buena gestión del mantenimiento preventivo hospitalario.

La carencia de un manual de procedimientos estandarizados y elementos de control que facilite a los gestores de los equipos y las redes hospitalarias llevar a cabo la gestión de mantenimiento, asegurando una explotación de forma efectiva y segura, para mantener la calidad en la prestación del servicio; crea un interrogante, ¿Cómo facilitar la gestión del mantenimiento hospitalario de una

manera efectiva?

El resolver este interrogante, ofrece una herramienta que facilita la gestión del mantenimiento hospitalario, creando un menor impacto económico y disminución de eventos adversos asociados en las instalaciones de abastecimiento y soporte técnico de los equipos y áreas dentro de la institución.

La evolución y la necesidad generada por la mal entendida publicidad de tener tecnología de punta dentro de las instituciones, como prueba del nivel de desarrollo de la entidad prestadora del servicio, hace a un lado lo que en esencia es el motor de un buen servicio, con una calidad superior y una óptima gestión de mantenimiento dedicada a la conservación y mantenimiento de los equipos biomédicos, equipos y redes hospitalarias en las instituciones prestadoras de servicio de salud.

La orientación de este problema lleva una mejora y control en la gestión de calidad del sistema obligatorio de garantía de calidad en salud, según el cual todos los procesos vitales para el buen funcionamiento de los servicios de las instituciones prestadoras de salud deben estar estandarizados, documentados y validados.

El desarrollo e implementación de buenas prácticas administrativas de uso disminuirá los costos de mantenimiento, esto como adición a un buen programa de mantenimiento preventivo y predictivo, donde los costos de funcionamiento serían menores y con una calidad de préstamo de servicio superior.

La Organización Mundial de la Salud, indica que *“es inadmisibles el alto valor de recursos que se malgastan para la atención de salud en los países en desarrollo”*<sup>(2)</sup> Las políticas de gobierno Colombiano en el decreto 1769 de 1994 aclarado por el decreto 1617 de 1995 en el artículo 1, regula los componentes y criterios básicos para la asignación de los recursos financieros para el mantenimiento.

Según la documentación encontrada, existe información fragmentada de procedimientos de mantenimiento según el área, red o infraestructura de las instituciones prestadoras de salud.

Las instituciones prestadoras de servicios de salud a nivel local, regional y

nacional han prestado poca atención a la implementación y estandarización de procedimientos que ejecuten tareas de mantenimientos preventivos en el área hospitalaria. Sus esfuerzos han radicado en el mantenimiento de la tecnología biomédica dentro de su institución, velar por cumplir con los requerimientos mínimos de seguridad eléctrica y en algunas, se adiciona dentro de su plan anual el mantenimiento de entorno.

La gestión de mantenimiento de equipos médicos y hospitalarios es un campo con un buen nivel de desarrollo en el ámbito internacional, sin embargo, dentro de la revisión bibliográfica no se encuentran procedimientos estandarizados o manuales completos que demuestren el estado del arte a nivel regional y nacional, salvo entidades internacionales y proveedores que suplen de procedimientos a las instituciones prestadoras del servicio según el área.

Existen normativas que buscan regular y estandarizar procedimientos con los cuales se pretende exigir que las instituciones tengan un nivel mínimo de calidad y seguridad para el paciente, personal administrativo, personal técnico y personal médico dentro del marco de la prestación de sus servicios.

Dentro del sistema de garantía de calidad en los servicios de salud<sup>7</sup> y la política de seguridad del paciente<sup>8</sup>, se lleva a cabo una buena orientación y políticas de control para la gestión que se debe de realizar dentro de las instituciones prestadoras de servicio de salud, en el cual todos los procesos vitales para el buen funcionamiento de los servicios de las instituciones prestadoras de salud deben estar estandarizados, documentados y validados.

Referente a los objetivos y alcances de este proyecto se tiene como objetivo general, el diseño de protocolos de mantenimiento planificado con la consolidación de un manual de acciones de mantenimientos de redes e infraestructura hospitalaria.

Para este proyecto se han planteado los siguientes objetivos específicos: identificar los parámetros específicos de cada equipo industrial y de las redes hospitalarias relevantes para el mantenimiento óptimo; diseñar los procedimientos de mantenimiento para el manual; diseñar los elementos de control de los procedimientos del manual; diseñar el plan completo de los procedimientos con especificación de frecuencias y tiempos promedios de aplicación.



Para alcanzar de manera satisfactoria el cumplimiento del proyecto es necesaria la implementación de una metodología, la cual ha sido planteada en tres fases. Fase 1 (preliminares), esta incluye: identificación de la necesidad, desarrollo del estado del arte y elaboración del anteproyecto. Fase 2 (diseño e identificación), esta incluye: identificación de los parámetros específicos de los equipos industriales y redes hospitalarias, que incluye: objetivos, descripción del sistema, para el personal de mantenimiento. Diseño de los procedimientos del manual, que incluye: revisión bibliográfica. Diseño de los elementos de control de los procedimientos y diseño del plan completo de los procedimientos con especificación de frecuencia y tiempo de aplicación. Fase 3 (elaboración), esta incluye: elaboración del manual y entrega final del informe.

En referente a la elaboración de este proyecto la única limitación que se podría encontrar, sería la fragmentación y ubicación de información sobre los equipos industriales y redes hospitalarias que permitan el adecuado desarrollo de los procesos de gestión en mantenimiento preventivo.

---

(7) MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Sistema de Gestión de Calidad [en línea]. <<http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/newsdetail.asp?id=17363>>.

(8) REUNIÓN TÉCNICA NACIONAL SOBRE VIGILANCIA DE EVENTOS ADVERSOS (2006: Santafé de Bogotá).

## **1. INGENIERÍA HOSPITALARIA**

La ingeniería hospitalaria es la rama de la ingeniería biomédica encargada de los equipos no médicos, sistemas ingenieros y redes de suministro en las entidades prestadoras de servicios de salud.

La condición de Colombia como país en vía de desarrollo y las implicaciones sociales, políticas y económicas, ha dificultado el desarrollo y evolución de la ingeniería clínica y hospitalaria, impidiendo el crecimiento, establecimiento y conciencia de la necesidad de estas aéreas de la ingeniería Biomédica como parte necesaria e indispensable dentro de cualquier organización médica, tales como hospitales, clínicas, centros metrológicos, laboratorios clínicos y médicos, entidades regulatorias de establecimiento y cumplimiento de normativas y cualquier entidad relacionada al préstamo de servicios de salud.

La ingeniería hospitalaria, como la rama que se hace cargo de los requerimientos arquitectónicos y funcionales de los servicios técnicos de apoyo, permitiendo el cumplimiento de los requisitos y normas de entidades prestadoras de salud, demuestra la necesidad inminente de un mecanismo con procesos estandarizados que provean y suplan las necesidades básicas según las normativas de instalaciones y redes para las instituciones prestadoras de salud.

El decreto 2309 de 2002, derogado por el decreto 1011 de 2006, el cual incluye y menciona la seguridad como un conjunto de elementos estructurales, procesos, instrumentos y metodologías, basadas en evidencia científicamente probada, que propenden minimizar el riesgo de sufrir un evento adverso en el proceso de atención de salud o de mitigar sus consecuencias.

El incremento de los estándares internacionales para las instituciones que brindan o prestan cualquier clase de servicio, introducen al sistema Colombiano los nuevos conceptos de calidad y medio ambiente, haciendo inminente el proceso de adaptación de las normativas que se implementen internacionalmente a nivel local y regional, tal como lo indican las normas ISO (series 9001:2008 en gestión de calidad y 14000 en gestión medioambiental), lo que también introduce una nueva valoración de los círculos de calidad (figura 1).

- Calidad realizada. Corresponde a las características reales que posee el

servicio. Es el tipo en la que el hospital por medio de su capacidad y recursos es capaz de conseguir.

- Calidad programada. Corresponde a las características de planeación del servicio a prestar. Es el tipo en la que el hospital ha planeado y deseado al prestar el servicio.
- Calidad percibida. Son las características que el cliente percibe al hacer uso de los servicios ofrecido, puede diferir en mucho o poco de las anteriores.

**Figura 1.** Valoración de los círculos de la Calidad.



Fuente: Figura del ingeniero en el entorno hospitalario, Antonio Fernández Abasolo

El desarrollo de estos nuevos sistemas y estándares de calidad, hace que el cumplimiento de los requerimientos de estandarización de procesos que permitan unificar un plan de acción hospitalario, sea coordinado desde un apartado enfocado de manera específica al desarrollo y crecimiento del área de gestión hospitalaria, haciendo necesaria la presencia de un experto en múltiples disciplinas capaz de desempeñar o coordinar diversas funciones del proceso técnico hospitalario.

## **1.1 FUNCIONES DE LA INGENIERÍA HOSPITALARIA**

El desarrollo y evolución hospitalario experimentado en las últimas dos décadas, comienza con la introducción de un nuevo concepto que abandona la idea de una edificación con únicamente personal médico al servicio de la salud, e introduce un centro con connotaciones de equipamientos, instalaciones y tecnologías que hace necesaria la especialización y profesionalización del personal encargado de dichas instalaciones y tecnologías, creando la necesidad de un ingeniero hospitalario y clínico con funciones específicas dada por la necesidad del recién creado departamento de ingeniería hospitalaria y clínica.

La complejidad creada por la demanda de tecnologías con requerimientos de sistemas ingenieros y redes de suministro altamente confiables hace que las tareas del ingeniero a cargo se convierte en algo cada vez más complejo, lo que lleva a la definición de ciertas funciones específicas, dentro de las cuales se encuentra:

- La adecuada gestión para el mantenimiento preventivo de las redes de suministro, equipos y sistemas ingenieros.
- Responsabilidad técnico – legal de las instalaciones de sistemas ingenieros y redes de suministro.
- Asesoría de inversiones y nuevas instalaciones y tecnologías complementarias del servicio de la institución prestadora de servicios de salud.
- Gestión de recursos económicos y humano necesario para el adecuado sistema de gestión.
- Dirección de obras menores y supervisor de contratos.

## **1.2 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

El mantenimiento preventivo es la tarea de mantenimiento planificado que incluye inspecciones con una periodicidad programada de los equipos médicos industriales y redes, haciendo la tarea de limpieza, lubricación, ajuste, comprobación y reemplazo de componentes defectuosos, que puedan fallar y alteren la funcionalidad del equipo

o red.

Ya que este mantenimiento es programado, debe de existir quien esté a cargo y dirija esta tarea dentro del marco de la gestión de mantenimiento, la cual debe tratarse con la importancia debida.

La importancia de la gestión de mantenimiento radica en entenderla como una herramienta de apoyo de ingeniería en el desarrollo, control y dirección de un plan de mantenimiento para los equipos médicos, sistemas ingenieros y redes hospitalarias, garantizando su distribución y operación segura con una máxima relación costo/beneficio.

### **1.3 MARCO LEGAL DE LA TECNOLOGÍA BIOMÉDICA EN COLOMBIA**

El marco legal de regulación para la implementación de un óptimo sistema de gestión hospitalaria en Colombia está definido fundamentalmente por tres entidades: el Ministerio de Protección Social, la Superintendencia Nacional de Salud y el Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).

**1.3.1 Ministerio de Protección Social.** El Ministerio de Protección Social a partir de la Ley 100 se responsabiliza de establecer los requerimientos de dotación para IPS y ejercer el control técnico sobre los servicios de calidad prestados por las instituciones.

La Ley 100 también define las competencias y responsabilidades de otros organismos como: el Ministerio de Comercio Exterior, el Instituto Nacional de Comercio Exterior, la Superintendencia Nacional de Salud, el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos INVIMA, y las Direcciones Seccionales.

Regresando al Ministerio de Protección Social, dentro de sus normas, éste creó el decreto 1769 de 1994 por el cual se reglamenta el artículo 90 del decreto ley 1298 de 1984 aclarado por el decreto 1617 de 1995 el cual especifica en sus artículos (1 al 12) haciendo mención concreta del mantenimiento y sus requerimientos, tales como:

- **Ámbito de aplicación.** Regular los componentes y criterios básicos para la

asignación y utilización de los recursos financieros.

- De la infraestructura hospitalaria.
- De la dotación hospitalaria.
- Del equipo industrial de uso hospitalario.
- Del equipo médico.
- Del equipo de comunicaciones e informática.
- El mantenimiento hospitalario.
- Los recursos financieros.
- Presupuesto.
- Contabilidad.
- La inspección, vigilancia y control.
- Plan de mantenimiento.

Hace también mención de la dotación y el mantenimiento en la Resolución 1043 de 2006, en el anexo técnico No. 1, donde especifica los equipos indispensables, sus condiciones y mantenimiento adecuado, para prestar los servicios de salud ofrecidos por el prestador y la realización del mantenimiento de los equipos biomédicos eléctricos o mecánicos, con sujeción a un programa de revisiones periódicas de carácter preventivo y calibración de equipos.

**1.3.2 La Superintendencia Nacional de Salud.** Encargada de la inspección, vigilancia y control de las normas nacionales en ámbitos de salud expedidas por el Ministerio de Protección Social.

Este ente fiscalizador de los servicios de salud en Colombia, en la circular externa No. 029 aclara:

El Gobierno Nacional mediante la expedición del decreto 1769 de 1994 y su

aclaratorio el decreto 1617 de 1995 reglamentó el artículo 189 de la Ley 100 de 1993 sobre el mantenimiento hospitalario. El decreto 2174 de 1996, por el cual se organiza el sistema de garantía de calidad, establece en su artículo 3 las características de la calidad, una de las cuales es la disponibilidad y suficiencia de recursos, calidad que depende en buena medida de la realización del mantenimiento hospitalario.

Por tanto en ejercicio de las funciones otorgadas en el numeral 6o. del artículo 7 del decreto 1259 de 1994, y de las funciones consignadas en la resolución 1320 de 1996, este despacho presenta en ésta circular externa, el marco legal, la justificación y la necesidad del plan de mantenimiento en las instituciones prestadoras de servicios de salud.

**1.3.3 Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC).** El Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) es un organismo multinacional de carácter privado, sin ánimo de lucro, que trabaja para fomentar la normalización, la certificación, la metrología y la gestión de la calidad en Colombia.

En el campo de la normalización, la misión del Instituto es promover, desarrollar y guiar la aplicación de Normas Técnicas Colombianas (NTC) y otros documentos normativos, con el fin de alcanzar una economía óptima de conjunto, el mejoramiento de la calidad y también facilitar las relaciones cliente-proveedor, en el ámbito empresarial nacional o internacional.

Para el desarrollo normativo de este proyecto el ICONTEC hace alusión al tema con la ISO 9001:2008 y NTCGP 1000:2004. La primera define el sistema de gestión calidad, y la segunda define la norma técnica de calidad en la gestión pública y los requisitos generales para los sistemas de gestión de la calidad.

## 2. IDENTIFICACIÓN DE LOS PARÁMETROS ESPECÍFICOS Y DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS INGENIEROS Y REDES HOSPITALARIAS

El mantenimiento preventivo es realizado con el fin de optimizar y garantizar el adecuado suministro y funcionamiento de los equipos, sistemas ingenieros y redes dentro de las instituciones prestadoras de servicios de salud.

Para realizar el adecuado mantenimiento es necesario entender el funcionamiento de los sistemas ingenieros, identificando sus partes y funcionalidad dentro del panorama general del sistema.

### 2.1 SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico es el sistema ingeniero que describe el funcionamiento del suministro y seguridad eléctrica que este brinda a una institución. Para el desarrollo de este proyecto en este sistema se estudiaron los parámetros de: entorno eléctrico, puesta a tierra, grupo electrógeno y pararrayo.

- **Subsistema de entorno paciente:** Hacen parte del entorno los tomacorrientes o receptáculo, los cuales son elementos que cumplen la función de establecer una conexión de tipo eléctrica de manera segura con una clavija macho de dispositivos con alimentación de tipo eléctrica. Estos poseen tres hendiduras (generalmente), **TIERRA**, ubicado en la parte superior del tomacorriente y es de forma cilíndrica, generalmente se identifica con el cable de color verde que indica una conexión a la tierra física generando un potencial de 0 V; **NEUTRO**, conectado a tierra (en la subestación) y ubicado generalmente al lado derecho del tomacorriente, es la hendidura más larga y en el sistema de conexión se identifica por el cable de color blanco, indicando un potencial de 0 V; **FASE**, ubicado generalmente al lado izquierdo del tomacorriente, es la hendidura más corta y en el sistema de conexión se identifica por el cable de color negro, este cable es quien trae la tensión de la red;



Cuadro 1. Indicador de colores.

<b>Sistema</b>	<b>Monofásico</b>	<b>Monofásico</b>	<b>Trifásico en Y</b>	<b>Trifásico en Δ</b>	<b>Trifásico en Δ-Y</b>	<b>Trifásico en Y</b>	<b>Trifásico en Δ</b>
<b>Tensiones nominales</b>	120 V	240/120 V	208/120 V	240 V	240/208/120 V	180, 160 o 440 V	180, 160 o 440 V
<b>Conductor activos</b>	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases E hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos
<b>Fases</b>	Negro	Negro Rojo	Amarillo o azul rojo	Negro Azul rojo	Negro Naranja Azul	Negro Naranja Café	Negro Naranja Café
<b>Neutro</b>	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Gris	No aplica
<b>Tierra de protección</b>	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde
<b>Tierra aislada</b>	Verde o verde amarillo	Verde o verde amarillo	Verde o verde amarillo	No aplica	Verde o verde amarillo	No aplica	No aplica

Fuente: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), edición actualizada, Agosto 2008.

Cuando se menciona el entorno eléctrico, se hace alusión de los requerimientos específicos de las vecindades del paciente en cuanto a valores de corrientes y tensiones entre superficies y equipos, cantidad y tipo de receptáculos por área prestadora de un servicio de las instituciones y la colocación segura y correcta de los tomacorrientes.

Este sistema es de vital importancia e implicación directa para los usuarios siendo el encargado de mantener los niveles de suministro dentro de los valores aceptables evitando poner en riesgo de un choque eléctrico a pacientes y operarios de los equipos médicos. Existen dos tipos de riesgos generados por el inadecuado sistema de protección en la instalación y revisión. Estos riesgos son producidos generalmente por corrientes de fugas que superan el umbral de percepción del ser humano (véase cuadro 2).

Cuadro 2. Efecto fisiológico de corrientes eléctricas.

	<b>Mínimo</b>	<b>Típico</b>
<b>Umbral de Percepción</b>	0.5 mA	0.7 – 1.1 mA
<b>Corriente límite de control muscular</b>	6 mA	10.5 – 16 mA
<b>Parálisis Respiratoria</b>		18 – 22 mA
<b>Fibrilación ventricular</b>		75 – 400 mA
<b>Contracción sostenida del miocardio</b>		1 – 6 A

Estos riesgos son denominados macro choque y micro choque, el primero es producido cuando una corriente fluye a través de un individuo y puede provocar desde contracciones musculares leves o agudas, efectos motores, fibrilación, quemaduras, entre otras incluyendo la muerte. El micro choque hace referencia a situaciones específicas en donde son utilizados electrodos invasivos o catéteres que puedan hacer posible el paso de pequeñas corriente a través del corazón.

Cuadro 3. Niveles de corrientes a 50 – 60 Hz que pueden producir la muerte.

<b>Macro choque (mA)</b>	<b>Micro choque (μA)</b>
20 – 200	50 - 200

Cuadro 4. Niveles de seguridad aceptados en caso de falla simple.

Macro choque (mA)	Micro choque ( $\mu$ A)
2 – 5	< 10

Dentro de este sistema y teniendo en cuenta el riesgo al que se está expuesto, se identificaron como parámetros importantes para considerar dentro del protocolo de mantenimiento de este subsistema las siguientes variables:

- **Valores de tensiones permitidos en los tomacorriente:** Para los valores de tensión, los valores entre FASE y cualquiera de los otros dos puntos (NEUTRO, TIERRA) según la NTC 1340 debe ser de 120 (+ 5 %, - 10 %) V de corriente alterna. Los valores medidos entre TIERRA y NEUTRO deben ser < 0.5 V de corriente alterna. La medición entre la tierra del receptáculo y la tierra física debe ser < 20 mV de corriente alterna (para nuevas construcciones). Para los valores de resistencia entre la TIERRA y el NEUTRO debe ser < 0.2  $\Omega$ . Y la mínima fuerza mecánica para poder retirar una conexión individual en cualquiera de los tres polos del tomacorriente es de 1,3 N (115 g-Fuerza), según lo establece la NFPA 99.

- **Requerimientos y valores permitidos en el entorno:** Cuando se habla de entorno del paciente es necesario prestar atención a los valores máximos de diferencia de potenciales permitidos, que para el área de cuidados generales la máxima tensión debe de ser de 500 mV y para áreas de cuidados intensivos la máxima tensión debe de ser de 40 mV.

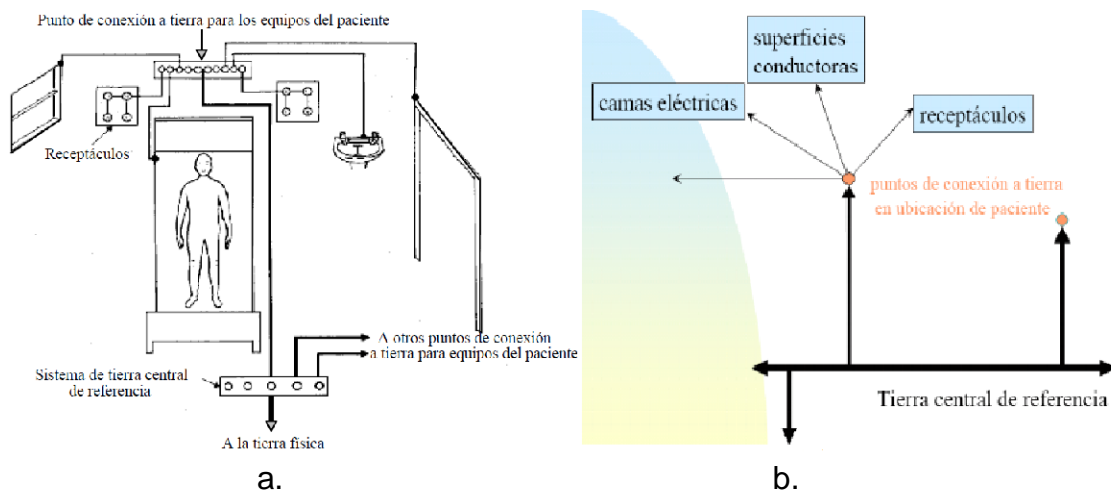
Se especifica también un valor a tener en cuenta y es la altura a la cual se deben de encontrar los tomacorrientes desde el suelo, la cual debe de ser 1.53 m, según el RETIE. También se deben tener en cuenta las especificaciones en las características de los tomacorrientes según las áreas en las que son instalados, para cuidados generales se deben instalar dos tomacorrientes simples o dos de doble toma por cada cama, en cuidados intensivos de debe de instalar seis tomacorrientes simples o tres de doble toma por cada cama.

- **Sub sistema de puesta a tierra:** Uno de los dos métodos fundamentales para la protección del paciente y usuarios en el entorno médico, es mantener en todas las superficies conductoras el mismo potencial eléctrico teniendo en cuenta los

riesgos mencionados previamente.

Para poder mantener esa equipotencialidad en el entorno del paciente se debe diseñar e instalar un adecuado sistema de puesta tierra, el cual incluye todas las uniones metálicas de manera directa (sin fusibles de protección) entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, de manera que se pueda conseguir que el conjuntos de instalaciones, edificios y superficies próximas al terreno no generen dichas diferencias de potencial y permitir a su vez el paso a tierra de corrientes de fuga o algún tipo de descarga atmosférica.

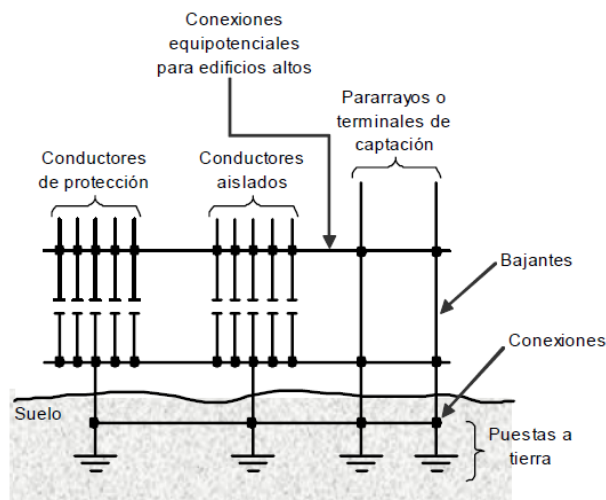
Figura 2. (a) Diagrama de conexión a tierra en el entorno paciente (b) conexión tipo estrella.



Fuente: Ingeniería Clínica, Ernesto B. Rodríguez Denis. Universidad Autónoma de Occidente

Teniendo en cuenta la necesidad, es de vital importancia que toda instalación eléctrica posea un sistema puesta a tierra. Para el diseño de este sistema de puesta a tierra es necesario comprobar mediante un procedimiento de cálculo los valores de tensiones máximos admisibles, por medio de un procedimiento definidos en el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), edición actualizada, Agosto 2008.

Figura 3. Sistema con puestas a tierra dedicada e interconectada.



Fuente: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), edición actualizada, Agosto 2008.

Dentro de este sistema y teniendo en cuenta la importancia y necesidad de este, se identifican como parámetros importantes para considerar dentro del protocolo de mantenimiento las siguientes variables:

- Los valores mínimo de tensiones y resistencias entre tomacorrientes y en el entorno paciente para las diferentes áreas de las instituciones prestadoras de servicios de salud mencionados, están directamente involucrados con el adecuado sistema de puestas tierra, por lo que se considera de vital importancia el papel que juega este subsistema dentro del plano general de la seguridad en las instalaciones eléctricas de las instituciones.

La puesta a tierra aparece como responsable de mantener la equipotencialidad alrededor del paciente y el adecuado sistema de seguridad para corrientes de fugas que se puedan generar en el momento de ser utilizados los equipos médicos. Disminuyendo el riesgo tanto para el paciente como el operario, inclusive protegiendo el mismo equipo que se está utilizando.

- Todos los sistemas de puesta a tierra deben de estar constituidos por uno o varios electrodos enterrados mínimo a 0.5 metros de la superficie. La profundidad depende de los requerimientos, necesidades, dimensiones de la edificación y servicios a prestar por la institución. Estos datos se obtienen a partir del estudio de

suelo realizado por el equipo de ingeniería en el momento de la construcción de las instalaciones. El electrodo o grupo de electrodos necesarios para el sistema de puesta a tierra es decidido según el estudio y requerimientos antes mencionados así como el material y espesor. En el cuadro 5 se especifican los requisitos de electrodos, sus características de superficie y material.

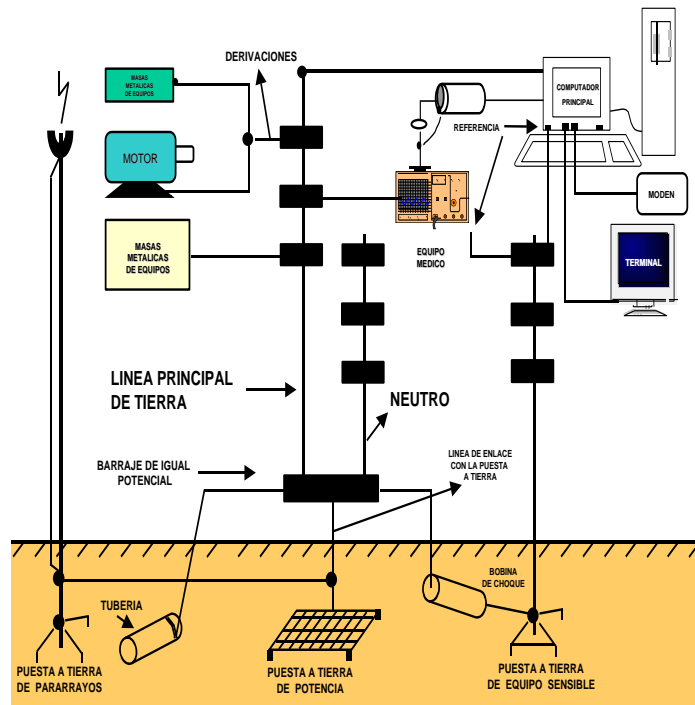
Cuadro 5. Requisitos para electrodos a tierra.

Tipo de Electrodo	Materiales	Dimensiones Mínimas			
		Diámetro mm	Área mm <sup>2</sup>	Espesor mm	Recubrimiento µm
Varilla	Cobre	12,7			
	Acero inoxidable	10			
	Acero galvanizado en caliente	16			70
	Acero con recubrimiento electrodpositado de cobre	14			250
	Acero con recubrimiento total en cobre	15			2000
Tubo	Cobre	20		2	
	Acero inoxidable	25		2	
	Acero galvanizado en caliente	25		2	55
Fleje	Cobre		50	2	
	Acero inoxidable		90	3	
	Cobre cincado		50	2	40
Cable	Cobre	1,8 para cada hilo	25		
	Cobre estañado	1,8 para cada hilo	25		
Placa	Cobre		20000	1,5	
	Acero inoxidable		20000	6	

Fuente: Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE), edición actualizada, Agosto 2008

- Es de vital importancia revisar los contactos ya que estos son los puntos de unión, encargándose de la adecuada transmisión y sostenimiento de la equipotencialidad, además de la manera en la que se tienen conectados las estructuras, superficies metálicas y tomacorrientes al sistema de puesta a tierra (ver Figura 4). Es de recalcar que un adecuado sistema de puesta a tierra debe de ser en forma de estrella (ver Figura 2,b), garantizando así para cada punto el mismo valor de tierra.

Figura 4. Sistema de puesta a tierra.

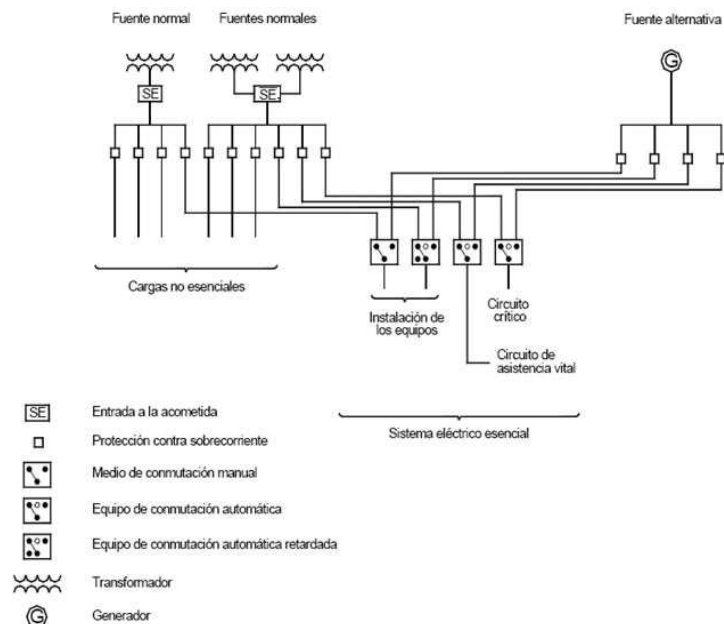


Fuente: Ministerio de Salud.

- **Subsistema de grupo electrógeno:** Dentro de las características para la prestación de ciertos servicios como es el de la salud, hacen que sea imprescindible el funcionamiento continuo e ininterrumpido de suministro de energía a las áreas prestadoras de dichos servicios como sustento para los equipos de soporte de vida, tal necesidad hace necesario lo que es conocido como el “plan b”. El “plan b” es aquella situación en caso de que la red principal de energía llegase a fallar, se cuenta con un sistema capaz de soportar la demanda de energía por lo menos para los servicios más importantes que preste la institución en caso de no poder soportar la carga para todos los servicios.

Bajo esta necesidad nace el requerimiento que por ley especifica el suministro de energía de emergencia necesario para las instituciones de salud. Esta normativa referencia el restablecimiento automático del suministro de energía al fallar el principal mecanismo de generación o experimentar una caída de tensión superior al 15 % dentro de un tiempo de 10 s inmediatamente a la ocurrencia del incidente. Esta normativa se encuentra en el artículo 517 de la norma NTC 2050.

**Figura 5.** Esquema de sistema eléctrico principal y planta de emergencia.



Fuente: Curso Ingeniería Clínica I. Fabiola Obando, Universidad Autónoma de Occidente.

Según lo planteado, se hace necesaria la instalación de un sistema que permita la generación de energía, y es ahí donde se crea una máquina que por medio de un motor de combustión interna mueve un generador produciendo electricidad.

Dentro de este sistema y teniendo en cuenta la importancia de los riesgos al que se está expuesto al fallar y entendiendo su funcionamiento, se identificó y considero como parámetro clave para considerar dentro del protocolo de mantenimiento de este subsistema el motor de combustión interna, sistema eléctrico del motor, sistema de refrigeración, alternador, depósito de combustible, interruptor automático de salida y sistema de control.

**Motor:** El motor representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y permita la generación de la electricidad.

**Sistema eléctrico del motor:** Este sistema incluye un motor de arranque eléctrico, este motor puede ser de 12 V o 24 V en corriente alterna (negativo a



masa). Generalmente este motor dispone de un manocontacto de presión de aceite, un termocontacto de temperatura y de un contacto de alternador de carga del motor, encargado de detectar un fallo de carga en la batería.

**Sistema de refrigeración:** Este es el sistema encargado de refrigerar el motor, el medio refrigerante puede ser agua, aire o aceite.

**Alternador:** La energía eléctrica de salida del sistema se produce por medio de un alternador apantallado, auto excitado, auto regulado y protegido contra salpicaduras y sin escobillas acoplado con precisión al motor; dependiendo del tipo de carga del lugar se pueden acoplar alternadores con escobillas.

**Depósito de combustible:** El acople entre el motor y el alternador se hace sobre una bancada de acero de gran resistencia. Esta bancada incluye un depósito de combustible con una capacidad mínima de 8 horas de funcionamiento a plena carga.

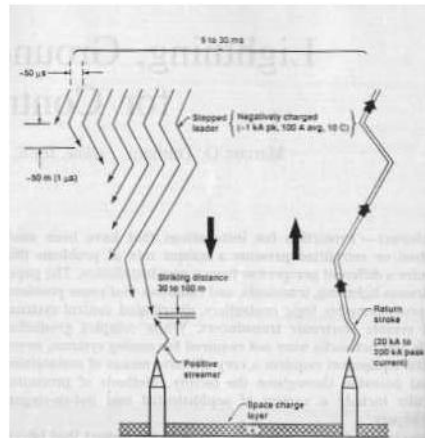
**Interruptor automático de salida:** Este sistema permite proteger el alternador. Este interruptor de salida se instala dependiendo del modelo y régimen de salida del grupo electrógeno.

**Sistema de control:** Este sistema permite controlar el funcionamiento y salida del grupo electrógeno contra posibles fallos.

- **Subsistema de pararrayo:** El sistema de pararrayos es un sistema de protección contra las descargas eléctricas producidas en tormentas de dicha naturaleza. El pararrayo es un instrumento que atrae un rayo ionizado logrando conducir la descarga hacia la tierra a la que se tiene que estar conectada, de modo que evita causar daños a personas por sobre carga de equipos eléctricos en funcionamiento.

Un adecuado sistema de pararrayo debe: capturar el rayo en el punto diseñado para tal propósito, el cual es llamado terminal aérea; conducir la energía de la descarga producida a tierra por una trayectoria de baja impedancia; disipar la energía de un sistema de terminales o electrodos en tierra.

Figura 6. Sistema de descarga de pararrayo.



Fuente: Sistema de puesta a tierra, Cap. 5, León, Gto. México.

A nivel internacional se han adoptado dos métodos principales de protección llamados Franklin/Faraday y early streamers. El primero es aprobado en Los Estados Unidos por la NFPA bajo la normativa NFPA-780, mientras que el otro método no es aprobado ya que se considera de igual efectividad que una punta tipo Franklin.

El método Franklin/Faraday se divide en dos.

- **Sistema Franklin:** Este sistema se basa en la altura como factor importante para el diseño de protección contra rayos. “El rango de atracción de un pararrayos es la distancia sobre la cual un pararrayos sencillo vertical de una altura dada sobre un plano limpio, atrae una descarga atmosférica. El espacio protegido por tal dispositivo define el lugar en que la construcción no suele ser afectada por una descarga directa”. Esta teoría de Benjamín Franklin permitió diseñar el sistema más antiguo y sencillo de protección contra rayos, que consiste de terminales aéreas de cobre, bronce o aluminio anodizado terminado en puntas, a lo que se llamó “puntas tipo Franklin”, ubicadas en las zonas a proteger.

- **Sistema tipo jaula de Faraday:** Para las estructuras grandes se modifica el sistema Franklin añadiéndole a las terminales aéreas, conductores que cruzan sobre la estructura como una jaula de Faraday limitada sobre y a los lados de la construcción.

**Método de early streamers:** El método early streamers es aprobado y estandarizado en Francia por la NFC 17-102, para estructuras de menos de 60 metros de alto y de áreas abiertas. Las puntas iniciadoras son las que inician la descarga hacia arriba unos microsegundos antes de la descarga principal. Este efecto convierte la zona de protección en una zona de forma parabólica alrededor de la punta en un plano horizontal.

Es de recordar que todos los sistemas anteriores van conectados a tierra.

Dentro de este sistema se identificó y considero como parámetro clave para el protocolo de mantenimiento el pararrayo, como el instrumento importante para efectuar de manera adecuada y eficiente la descarga sin causar daños al personal, además de la conexión continua con el electrodo a tierra.

Los pararrayos consisten en un mástil metálico (acero inoxidable, aluminio, cobre o acero), con un cabezal captador. El cabezal puede tener muchas formas puede ser en punta, multipuntas, semiesférico o esférico y debe sobresalir por encima de las partes más altas del edificio al que protegen. El cabezal está unido a tierra, mediante un cable de cobre conductor. La toma de tierra se hace mediante picas enterradas en el terreno, mediante placas conductoras también enterradas, o bien con un tubo sumergido en el agua de un pozo. En principio, un pararrayos protege una zona teórica de forma cónica con el vértice en el cabezal; el radio de la zona de protección depende del ángulo de apertura de cono y a su vez éste depende de cada tipo de protección.

## 2.2 SISTEMAS DE VAPOR

El sistema de vapor es el sistema ingeniero que incluye la creación y distribución de vapor dentro de una institución. Para el desarrollo de este proyecto en este sistema se estudiaron los parámetros de: Caldera y Redes de vapor.

- **Subsistema de caldera:** El desarrollo de la teoría térmica permite describir la forma de energía que interviene en los procesos caloríficos, en los cuales dos cuerpos o sustancias a diferentes temperaturas poseen uno o más puntos de contacto entre sí, lo que permite hacer un intercambio de calor. Y es en este principio que se basa el funcionamiento de calderas donde el calor precedente de cualquier fuente de energía se transforma en energía en forma de calorías, a través de un medio de transporte en fase líquida o vapor.

Por definición las calderas de vapor son aparatos en los cuales se calienta el agua hasta su punto de ebullición produciendo vapor de agua. Existen dos tipos de calderas utilizadas con dos principios de calentamiento diferente.

**Acuotubulares:** Son aquellas en las cuales el líquido de trabajo fluye a través de tubos sometidos a elevadas temperaturas que permiten el calentamiento del líquido, permitiendo altas presiones a su salida, y gran capacidad de generación de vapor. En este tipo de caldera los tubos longitudinales interiores se emplean para aumentar la superficie de calefacción y están inclinados de manera que el vapor de mayor temperatura al salir por la parte más alta provoca un ingreso del agua fría por la parte más baja. Por su funcionamiento y ventajas de trabajo a altas presiones y alta capacidad son muy utilizadas en centrales termoeléctricas.

**Pirotubulares:** Son aquellas en las cuales el líquido de trabajo se encuentra en un mismo recipiente, y es atravesado por tubos, por los cuales circulan gases calientes procedentes de un proceso de combustión. Este tipo de caldera está formado por un cuerpo cilíndrico ubicado de manera horizontal dentro del cual se encuentran los tubos que transmiten el calor y en la parte superior una cámara de formación y acumulación de vapor. Por su manera de funcionar, las características de producción y almacenamiento de vapor, hace de este tipo de caldera un sistema especialmente utilizado para el aprovechamiento de gases de recuperación.

Los componentes de conformación de las calderas de mayor importancia a partir de los cuales se plantearon los procedimientos de mantenimiento, se mencionan y describen brevemente a continuación:

- **Agua de alimentación:** Es el agua que alimenta el sistema, generalmente agua de pozo o agua tratada químicamente.
- **Agua de condensado:** Es el agua que proviene del estanque condensador en el que se realiza intercambio de calor entre fluidos representando así pieza importante en el tipo de vapor a suministrar.
- **Vapor seco:** Vapor sobresaturado.
- **Vapor húmedo:** Vapor saturado.
- **Condensador:** Sistema de condensación del vapor.

- **Ciclos de concentración:** Número de veces que se concentra el agua de caldera respecto del agua de alimentación.
- **Des-aireador:** es el sistema de evacuación de los gases a la atmósfera.
- **Purga de fondo:** Evacuación de lodos y concentrado del fondo de la caldera.
- **Purga de superficie:** Evacuación de sólidos disueltos desde el nivel de agua de la caldera.
- **Dispersante:** Sistema químico que mantiene los sólidos des cohesionados ante un evento de incrustación.
- **Combustible:** Comburente que se transforma en energía calórica que permite la vaporización.
- **Índice de vapor/combustible:** Índice de eficiencia de producción de vapor de la caldera.
- **Agua de calderas:** Agua de circuito interior de la caldera cuyas características dependen de los ciclos y del agua de entrada.
- **Estanque de acumulación:** Es el estanque de acumulación y distribución de vapor.
- **Anti-incrustante:** Sistema químico que permite permanecer a los sólidos incrustantes en solución.
- **Fogón:** Lugar de combustión del sistema.
- **Anticorrosivo:** Sistema químico que brinda protección por formación de films protectivos ante iones corrosivos presentes en el agua.

Para este tipo de sistema es de vital importancia el agua que se ingresa en el sistema, estas se consideran según su composición de las sales minerales presentes, las cuales se clasifican en aguas duras, aguas blandas, neutras y alcalinas. Hay que considerar que el uso de aguas en calderas genera problema tales como la corrosión, incrustación y contaminación, por lo cual se anexa en el manual un procedimiento para la purga del agua.

- **Sub sistema de redes de vapor:** Es considerado como las redes de vapor al

sistema de distribución de este gas proveniente de la caldera hasta el sitio a ser utilizado, generalmente es utilizado como medio de esterilización.

Dentro de este sistema se consideró como piezas de interés para atender en los procedimientos de mantenimiento del manual: las tuberías de distribución, conexiones entre sí, entre tubos y dispositivos de entrada y salida, así como el adecuado suministro de la caldera a la red.

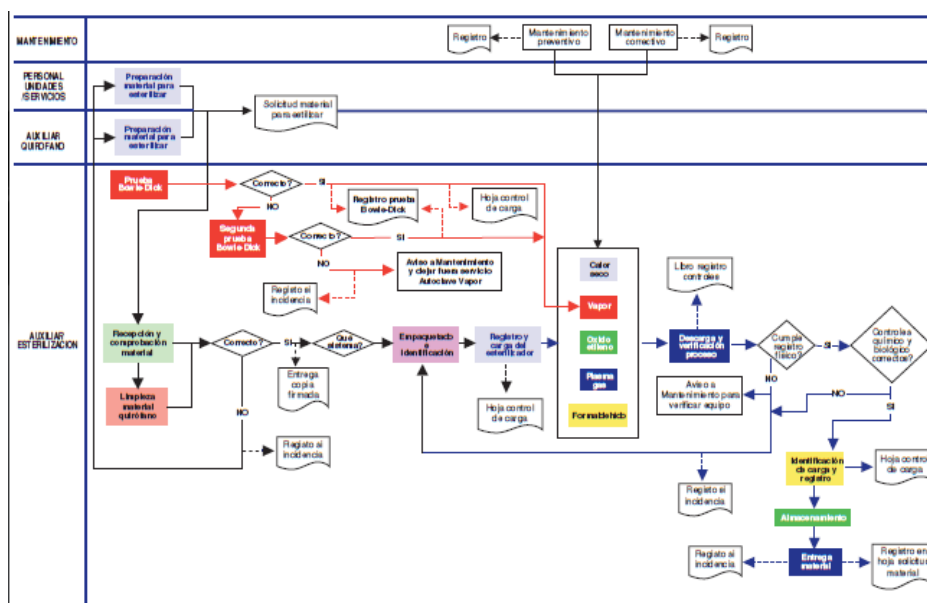
## 2.3 ESTERILIZACION

El sistema de esterilización es el sistema ingeniero que logra la eliminación de toda forma de vida microbiana, incluyendo las esporas que se encuentran en los objetos inanimados mediante procesos químicos, físicos y gaseosos dentro de una institución. Para el desarrollo de este proyecto en este sistema se estudiaron los parámetros de: Autoclaves y estufas de secado.

- **Sub sistema de autoclave:** El autoclave es un equipo diseñado para eliminar microorganismos de los materiales e insumos en su mayoría quirúrgicos, con un alto nivel de confiabilidad. El proceso de esterilización utilizado por el autoclave para cumplir su fin, es uno de los métodos más utilizados por su eficiencia y seguridad son los procedimientos de vapor de agua conocido también como calor húmedo, ya que se presenta en forma de vapor saturado bajo presión. El vapor saturado posee ciertas características en sus propiedades que dan ventajas a este método de esterilización, dentro de las cuales se encuentran: el calentamiento y nivel de penetración en los textiles, no deja residuo toxico, la destrucción de esporas bacterianas con un bajo tiempo de exposición, fácil control de la calidad y letalidad y el bajo costo de producción.

El aprovechamiento de las propiedades termodinámicas del agua facilita el principio de funcionamiento de la autoclave, el cual en una cámara sellada y mediante el control de la presión del vapor de agua puede alcanzar y superar temperaturas de 100 °C, o controlando la temperatura lograr presiones que superen la atmosférica. En este proceso controlado se someten los microorganismos presentes en los elementos a esterilizar a la acción, del elevado nivel de calor, producido por el vapor saturado que se ingresa al sistema.

**Figura 7.** Diagrama de proceso de esterilización.



Fuente: Guía para la gestión del proceso de esterilización, Comisión Inoz.

- **Sub sistema de estufa de secado:** La estufa de secado es un equipo utilizado para secar y esterilizar recipientes de vidrio y metal en el laboratorio. El método utilizado por la estufa de secado para la esterilización son los procedimientos de calor seco. El calor seco produce desecación de la célula elevando los electrolitos y provocando la fusión de membranas. Estos efectos se deben a la transferencia de calor desde los materiales a los microorganismos que están en contacto con éstos. La acción destructiva del calor sobre proteínas y lípidos requiere mayor temperatura cuando el material está seco o la actividad de agua del medio es baja.

“La estufa de secado se emplea para esterilizar o secar materiales de vidrio y metal utilizado en los exámenes o pruebas que realiza el laboratorio y que proviene de la sección de lavado, donde se envía luego de ser usado en algún procedimiento. La esterilización que se efectúa en la estufa se realiza a 180 °C durante 2 horas; la cristalería, al ser calentada por aire a alta temperatura, absorbe la humedad y elimina la posibilidad de que se mantenga cualquier actividad biológica debido a las elevadas temperaturas y a los tiempos utilizados.

Las estufas de secado constan, por lo general, de dos cámaras: una interna y una externa. La cámara interna se fabrica en aluminio o en material inoxidable, con

muy buenas propiedades para transmitir el calor; dispone de un conjunto de estantes o anaqueles fabricados en alambre de acero inoxidable, para que el aire circule libremente, allí se colocan los elementos que requieren ser secados o esterilizados mediante calor seco. Se encuentra aislada de la cámara externa por un material aislante que mantiene internamente las condiciones de alta temperatura y retarda la transferencia de calor al exterior. La cámara externa está fabricada en lámina de acero, recubierta con una película protectora de pintura electrostática. El calor interno es generado mediante conjuntos de resistencias eléctricas, que transfieren la energía térmica a la cámara interna. Dichas resistencias se ubican en la parte inferior de la estufa<sup>8</sup>.

Cuadro 6. Relación de temperatura/tiempo de esterilización por calor seco.

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Tiempo (minutos)</b>
180	30
170	60
160	120
150	150
140	180
121	360

Fuente: Curso Ingeniería Hospitalaria. Ernesto B. Rodríguez Denis. Universidad Autónoma de Occidente

Para el adecuado proceso de mantenimiento de los elementos y piezas de este sistema (sistema de vapor) se ha considerado el sistema entero como piezas y elementos dependientes unos de otros para el desarrollo adecuado y conjunto de la tarea de esterilización, desde los empaques de cierre, como la puerta, las válvulas de paso, el interior de la máquina y demás elementos que lo conforman.

## 2.4 GASES MEDICINALES

El sistema de gases medicinales, es el sistema ingeniero que incluye los componentes de distribución de gases anestésicos dentro de una institución. Para el desarrollo de este proyecto en este sistema se estudiaron los parámetros de: Rede de gases medicinales, tanques criogénicos, oxígeno y óxido nitroso y aire medicinal.

---

<sup>8</sup>Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio. Organización Panamericana de la Salud. Washington D. C., 2005



- **Sub sistema de red de gases medicinales:** El sistema de redes de gases hace referencia a los dictámenes estructurales para la adecuada distribución de los diferentes gases suministrados al paciente en diferentes aéreas de la institución, como también hace referencia a localidad en el cual se almacena la red principal de suministro.

Con el sistema de redes de gases medicinales se puede hacer la analogía con el sistema eléctrico, específicamente con los requerimientos y necesidad del grupo electrógeno, ya que para los gases se debe de tener en cuenta el principio de suministro continuo e ininterrumpido desde la fuente hasta la salida del sistema en el servicio al que llegue, durante las 24 horas del día, los 7 días a la semana. Teniendo en cuenta esta analogía, es importante entender que en el área de almacenamiento de gases se debe de tener no solo instalados equipos de suministro principal, sino también suministros secundarios llamado “plan b”, para la mayoría de las instituciones. El suministro principal y secundario tiene como requisito en la norma NFPA 99 los siguientes equipos mostrados en la Cuadro 7.

Cuadro 7. Equipos para suministro principal y “plan b”.

SERVICIO	FORMA DE SUMINISTRO
Oxígeno	Salida para conexión a manifold 2X7 de cilindros como “plan b”, suministro principal tanque TM 1000 gsl
Aire	Salida para conexión a manifold 2X5 de cilindros como “plan b”, suministro principal compresor dúplex
Vacío	Bomba de vacío medicinal dúplex

Fuente: NFPA 99.

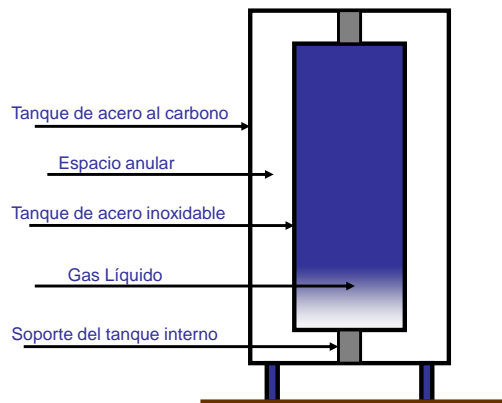
Dentro de este sistema se consideró como piezas importantes en los procedimientos de mantenimiento del manual: las tuberías de distribución, conexiones entre sí, entre tubos y presiones del sistema de red, de entrada y salida, alarmas de control, válvulas de paso y área de suministro principal y “plan b” de la institución.

- **Sub sistema de tanque criogénico:** Los tanques criogénicos son sistemas especialmente diseñados para el almacenamiento en estado líquido de gases

durante un largo periodo de tiempo; los gases más comunes para el almacenamiento en este son el oxígeno y el nitrógeno. El principio básico de funcionamiento del tanque es el aislamiento térmico, permitiendo así mantener las sustancias en estado líquido a una baja temperatura.

Los tanques criogénicos están conformados por un tanque de acero inoxidable en su parte interna, el cual está ensamblado dentro de otro tanque de acero al carbono, creando entre estos un espacio llamado espacio anular. Este espacio, es llenado con un material aislante de baja conductividad térmica y al vacío, lo que crea una transferencia de calor despreciable.

Figura 8. Esquema general de conformación de un estanque criogénico



Fuente: Curso Ingeniería Hospitalaria. Ernesto B. Rodríguez Denis. Universidad Autónoma de Occidente.

Como identificación de partes importantes a tener en cuenta para el adecuado mantenimiento preventivo se tuvieron en cuenta los siguientes parámetros, sobre los cuales se aplican los procedimientos:

- **Sistema de llenado:** Sistema mediante el cual se efectúa el llenado del tanque.
- **Sistema de aumento de presión:** Este sistema permite elevar la presión del tanque cuando esta cae por debajo de la presión de suministro.
- **Sistema de seguridad y alarmas:** Este sistema evita que la presión del tanque se eleve por encima de una presión establecida.

- **Sistema de medición de nivel:** Permite medir el volumen de líquido existente en el tanque, efectuándose esto por un indicador de nivel diferencial calibrado en litros.

- **Sistema de vacío:** Este sistema mide, ejecuta y controla el vacío en el espacio anular. Adicionalmente, el tanque está provisto de dos vaporizadores. Uno de los cuales, se utiliza para mantener una presión interna en el tanque suficiente para que salga el líquido. El otro vaporizador, se utiliza para evaporar el líquido y así distribuir el producto en forma gaseosa a las áreas del hospital.

a. **Sub sistema de oxígeno y óxido nitroso:** Para la descripción de este sub sistema se mencionaran las características y usos para cada uno por separado.

**Oxígeno:** Es utilizado en las siguientes funciones:

1. Enriquecedor de la concentración de Oxígeno del Aire a respirar (oxigenoterapia).
2. Vehículo transportador de medicamentos (aerosolterapia).
3. Elemento motriz de respiradores (en caso de faltar otros fluidos).
4. Elemento productor de Vacío por Venturi de emergencia (en caso de faltar otros fluidos).
5. Reanimación (resucitación).
6. Unidad de cuidados intensivos.
7. Anestesia.
8. Creación de atmósferas artificiales.
9. Tratamiento de quemaduras.
10. Terapia hiperbárica.
11. Tratamiento de hipoxias.

Para uso medicinal el oxígeno se produce por el método de destilación

fraccionada, que consiste básicamente en el enfriamiento del aire previamente filtrado y purificado. Por métodos de compresión-descompresión se logra el enfriado del aire hasta una temperatura aproximada a los  $-193^{\circ}\text{C}$ . Luego con el aire ya licuado se realiza una destilación donde cada uno de sus componentes puede ser separado.

**Óxido nitroso:** Es utilizado en las siguientes funciones:

Gas medicinal de uso amplio en anestesia, este gas es suministrado al paciente con el resto de gases inspirados (oxígeno, aire). Los equipos modernos de anestesia permiten una dosificación exacta y bien regulada de los gases o vapores narcóticos. Con el oxígeno forma mezclas sedante-analgésicas.

**Formas de suministro:**

- Gas licuado en botellas: El Óxido Nitroso Medicinal se suministra en botellas de acero de uso exclusivo para aplicaciones médicas, con válvulas cromadas.
- Líquido criogénico en recipientes: Se instalan en el centro sanitario los depósitos criogénicos de Óxido Nitroso Líquido, con su equipo correspondiente, que se llenan mediante cisternas calor fugadas. También se suministran depósitos móviles de 600 litros.

**Propiedades fundamentales desde el punto de vista fisiológico:**

Escasa toxicidad y bajas alteraciones fisiológicas referidas a frecuencia cardíaca y presión sanguínea y a frecuencia respiratoria. Excelente farmacocinética, es decir que posee alta velocidad de ingreso y egreso del organismo, lo que posibilita una reintegración del paciente a sus actividades normales. En concentraciones de 20-40 % produce un efecto sedante y marcado efecto analgésico.

- **Sub sistema de aire medicinal:** El aire medicinal se obtiene mediante la compresión de aire atmosférico purificado y filtrado o de la mezcla de oxígeno y nitrógeno en proporciones 21 % y 79 % respectivamente.

El aire medicinal es utilizado para dos propósitos específicos los cuales son: Tratamiento (asistencia respiratoria, incubadoras) y diagnóstico (análisis biológicos, fotometría de llama, cromatografía con detector de ionización de llama). El aire medicinal es también de fundamental aplicación en las unidades de cuidados intensivos como diluyente de oxígeno administrado a paciente ya que el oxígeno en concentraciones al 100 % es tóxico para el organismo.

Para efecto de identificación de elementos principales para los procedimientos de mantenimiento del sub sistema de aire medicinal y el sub sistema de oxígeno y óxido nítrico, se hace referencia a los aspectos identificados en los subsistemas anteriores.

## **2.5 SISTEMA DE CORRIENTES DÉBILES**

Los sistemas de corrientes débiles son todos los sistemas que engloban el trabajo de la ingeniería tales como: Sistema de detección de incendios, redes de cableado estructurado, centrales telefónicas, sonorización, entre otros.

- **Sub sistema de detección y prevención de incendios:** Este tipo de sistemas está conformado por distintos tipos de componentes, dentro de estos componentes se incluye sistemas de detección de humo conectados entre sí a modo de circuito interno con su respectiva alarma de manera automática al identificar un posible incendio, dispositivos suficientes para la extinción del fuego alrededor de toda la institución, señalización de zonas prohibidas al humo (cigarrillo, o posibles riesgos de llama), equipos y muebles de material no inflamable y personal capacitado para una emergencia de este índole.

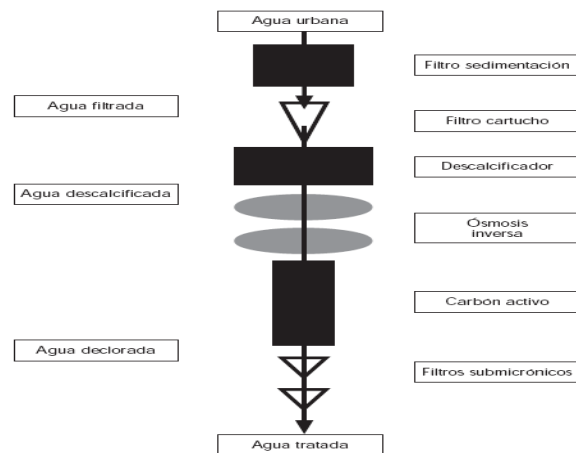
Para el desarrollo de los protocolos de mantenimiento se tuvieron en cuenta los aspectos técnicos de la red de detección de humo, alarmas, extintores e inspecciones visuales evitando materiales y zonas de riesgo.

## **2.6 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA**

Para este sistema se desarrollaran los aspectos del agua de consumo del hospital (potable) y el agua para hemodiálisis.

- **Sub sistema de agua de consumo del hospital (potable):** Para el desarrollo y entendimiento de este sub sistema se estudia la norma colombiana NTC 813, la cual hace mención de los requisitos físicos, químicos y microbiológicos con los que debe cumplir el agua potable. Esta también define el agua potable como aquella apta para el consumo humano en cumplimiento con los requerimientos establecidos en la norma mencionada.

Figura 9. Proceso de tratamiento del agua de consumo (potable).

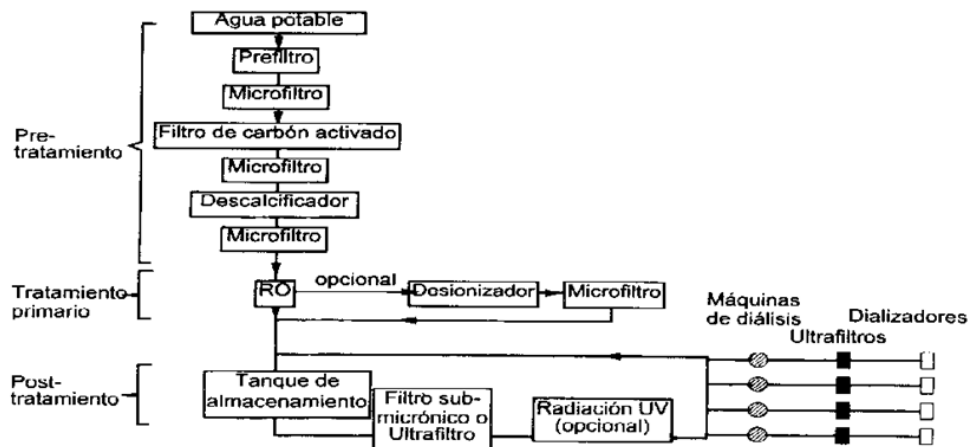


Fuente: Curso Ingeniería Hospitalaria. Ernesto B. Rodríguez Denis. Universidad Autónoma de Occidente

- **Sub sistema de agua para hemodiálisis:** Para entender la importancia de la calidad del agua utilizada para los procesos de hemodiálisis, es importante recalcar la importancia de esta técnica. La hemodiálisis es una técnica terapéutica que consiste en realizar una depuración exterior de la sangre por medio de un riñón artificial. El líquido de diálisis es una solución electrolítica preparada extemporáneamente a partir de agua debidamente tratada y solutos proporcionados en forma de concentrados electrolíticos o sales no disueltas, esta mezcla tiene una composición electrolítica parecida al plasma.

La pureza y la calidad del líquido de diálisis es la consecuencia de una compleja cadena de procesos, en la que es de vital importancia cuidar todos los elementos y pasos necesarios para la producción de este.

Figura 10. Esquema del sistema de purificación, acumulacion y distribucion de agua para hemodialisis.



Fuente: Curso Ingeniería Hospitalaria. Ernesto B. Rodríguez Denis. Universidad Autónoma de Occidente

Es por estas razones que se hace importante tener un adecuado control sobre el proceso de tratamiento especial que se realiza al agua destinada a los procesos de hemodiálisis.

### 3. DISEÑO DE LOS PROCEDIMIENTOS PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Para el diseño de los procedimientos de mantenimiento de este proyecto se llevó a cabo una metodología en la cual se identifica el sistema y sus parámetros específicos, sobre los cuales se realizó una revisión bibliográfica logrando así conocer los puntos importantes a incluir en el protocolo para el adecuado mantenimiento y redacción de los procedimientos del manual.

Para efecto de síntesis del presente trabajo, se explica el proceso de diseño para el sistema eléctrico, se describe la metodología del sub sistema de tomacorriente y entorno paciente, siendo la misma metodología aplicada para los demás sistemas y sub sistemas (ver Anexo A).

La metodología utilizada para esta fase del proyecto, consta de seis pasos de desarrollo de los cuales se explican cuatro en este capítulo, los dos restantes en los capítulos siguientes. Los 4 pasos iniciales son:

- **Objetivo:** Una vez conocido el sistema (funcionamiento), sus partes y su importancia (... Cap. 2.1...) dentro de la institución, se definieron los objetivos con los cuales se define el campo de trabajo específico de los procedimientos del manual.

#### **Objetivos:**

- a. Establecer una correcta conexión eléctrica.
- b. Brindarle seguridad eléctrica a los equipos médicos, operadores y pacientes.
- c. Prevenir los riesgos por arcos voltaicos que puedan perjudicar los equipos.

- **Descripción del sistema:** Del proceso de identificación de los sistemas y redes a desarrollar en el manual (... Cap. 2.1...), se hace una breve descripción del funcionamiento, importancia y elementos relevantes, con el fin de que la persona encargada del mantenimiento tenga la posibilidad de entender y conocer la razón de la aplicación de los procedimientos de mantenimiento a dichos elementos del



sistema explicados anteriormente.

### **Descripción del sistema eléctrico:**

**Tierra:** Ubicado en la parte superior del tomacorriente en forma cilíndrica. Generalmente se identifica con cable de color verde el cual indica conexión física eléctrica a la tierra.

**Fase:** Generalmente ubicado en el lado izquierdo del tomacorriente (hendidura más corta) y se identifica por un cable de color negro.

**Neutro:** Generalmente ubicado en el lado derecho del tomacorriente (hendidura más larga) se identifica por un cable de color blanco el cual indica un potencial de 0 V teniendo en cuenta que está conectado a tierra.

Los tomacorrientes son elementos cuya función es la de establecer una conexión eléctrica entre un conductor o cable flexible y un aparato o sistema eléctrico. El mantenimiento de los tomacorrientes está en directa relación con la seguridad de los artefactos, manteniendo un control constante, visual y práctico. Es común en los establecimientos hospitalarios que los interruptores fallen por acción mecánica y no eléctrica, lo que hace necesaria la implementación de normas específicas que rigen las características mínimas de seguridad que deben de poseer los tomas corrientes de tipo hospitalario donde cada uno debe proporcionar por lo menos una conexión a tierra altamente confiable capaz de mantener el polo de baja resistencia con su conector de acoplamiento a pesar de abusos eléctricos y mecánicos. Además de permitir mejor agarre en sus puntos de contacto, polo a tierra aislado de la carcasa y tomas reguladas con fácil distinción debido a su color, marcas circulares (punto) y triangulares en sus extremos según los especificados y necesidad para cada área.

Cuando se menciona el entorno eléctrico, se hace alusión de los requerimientos específicos de las vecindades del paciente en cuanto a valores de corrientes y tensiones entre superficies y equipos evitando poner en riesgo de electrochoques a pacientes y operarios, cantidad y tipo de receptáculos por área prestadora de un servicio de las instituciones y la colocación segura y correcta de los tomacorrientes.

- **Para el personal de mantenimiento:** Teniendo en cuenta las especificaciones del sistema, se identificaron también los riesgos a los que el usuario se expone, por lo que en el manual se proveen precauciones para el momento del mantenimiento. También se tiene en cuenta las tareas a realizar, por lo cual y con las intenciones de llevar a cabo el adecuado procedimiento optimizando el tiempo del operario, se sugiere también en el manual las herramientas básicas que se utilizan para el desarrollo del adecuado mantenimiento.

### **Precauciones:**

- Para evitar serios electrochoques o electrocución, siempre apague el suministro eléctrico en el panel de servicio antes de trabajar con los cables.
- Es muy importante tener los planos de las redes eléctricas a su disposición al momento de realizar el mantenimiento.
- Cuando vayan a realizar las medidas de resistencia en los receptáculos eléctricos, es muy importante asegurarse de que no haya suministro eléctrico ni pacientes recibiendo prestaciones en el área que se comprueba.
- Si se detecta algún tipo de daño en el tomacorriente o inversión de polaridad, debe corregirse de inmediato.
- En caso de que no se pueda corregir el problema, proceda a cubrir el tomacorriente con cinta pegante y poner el mensaje de “NO USAR”.
- Para instalación en lugares húmedos, proteja el tomacorriente con una cubierta impermeable que mantenga secos al tomacorriente y a los enchufes.
- No utilizar accesorios metálicos y utilizar zapatos con suela de goma o un material dieléctrico.

### **Instrumentos requeridos:**

- Dinamómetro graduado 0-200 g (máximo hasta 500 g).
- Multímetro análogo o digital para medir resistencias desde 0.1  $\Omega$  hasta 10  $\Omega$  y tensiones desde 1 mV a 220 V en corriente alterna.

- **Revisión bibliográfica:** Dentro del proceso de revisión bibliográfica no solo se identificaron los datos específicos y relevantes de cada sistema en cuanto a funcionamiento, también se buscó la identificación de normativa que hiciera referencia al sistema y sus elementos a considerar permitiendo tener un control adecuado fundamentado en principios nacionales e internacionales de calidad y seguridad, como por ejemplo (ver cuadro 8).

Cuadro 8. Elementos a controlar vs Norma.

<b>Elemento a controlas</b>	<b>Norma</b>
Distancia del tomacorriente al piso	RETIE
Valor de tensión en línea	NTC 1340
Valores de equipotencialidad en entorno paciente	NFPA 99 cap. 4.3, NEC – 1990
Valores de resistencias	NFPA 99 cap. 4.3

De la revisión bibliográfica se encontraron diferentes protocolos existentes sobre los cuales se inició el proceso de identificación de procedimientos importantes y adecuados para optimizar la vida útil del sistema en cuestión. De la revisión realizada y la importancia dada a los elementos de cada sistema, se determinaron las frecuencias y tiempos de aplicación.

## **PROCEDIMIENTO:**

### **SEMESTRAL**

El mantenimiento preventivo del tomacorriente consiste en:

- Confirmar que la Caja esté sujeta firmemente en la pared, de lo contrario realizar el debido ajuste en caso de la que la tapa frontal del tomacorriente este fracturada debe de reemplazarse.
- Limpiar los contactos o clavijas del tomacorriente.

### **3.1.1.1 Pruebas Cuantitativas.**

- Se debe verificar que la tensión en la Línea sea de 120 (+ 5 %, - 10 %) V de corriente alterna (medición entre fase-tierra o fase-neutro). Las tensiones medidas entre tierra y neutro deben ser menores a 0.5 V de corriente continua.
- Resistencia a Tierra: Las resistencias entre tierra y neutro no debe exceder los 0.2  $\Omega$ ; entre las tierras de dos tomacorrientes la resistencia debe ser menor o igual a 0.1  $\Omega$ ; Para evitar las corrientes que puedan afectar al paciente se debe confirmar que la resistencia entre la tierra y el tornillo del chasis de cualquier equipo médico sea menor o igual a 0.15  $\Omega$ .
- Tensión Mecánica, Se debe verificar con un dinamómetro que la fuerza para retirar las clavijas de manera individual para cada una de las tres salidas del tomacorriente no sea menor a 115 g.
- Verificar la tensión para las diferentes zonas del hospital teniendo en cuenta lo siguiente:
- Zona de Cuidados intensivos: Cualquier superficie conductora expuesta no debe exceder los 40 mV al igual que el voltaje entre el punto de referencia de tierra común.
- Zonas de cuidados generales: Cualquier superficie conductora expuesta no debe exceder los 500 mV al igual que el voltaje de referencia de tierra común.

### **3.1.1.2 Pruebas Cualitativas.**

- Realizar una revisión física del estado del tomacorriente, éste deberá tener una conexión a tierra y se debe observar si presenta algún daño por cortocircuito o por algún arco voltaico, Verificar si la tapa o cubierta plástica está firmemente sostenida a presión o con un tornillo y si presenta alguna anomalía en su estado físico (puede estar rota).
- Los tomacorrientes deben tener una distancia desde el piso al tomacorriente de 1.53 metros.
- Los tomacorrientes con terminal de puesta a tierra aislada deben tener una

identificación que consiste en un triángulo de color naranja.

- Se debe tener en cuenta que la cantidad y forma de los receptáculos varía de acuerdo a la zona designada en el hospital de la siguiente manera:

a. Cuidados intensivos: Deben identificarse en forma visible mediante un punto verde y deben existir al menos seis (6) receptáculos de corriente de toma simple o tres (3) de toma doble.

b. Zonas Húmedas: El tomacorriente debe tener de manera obligatoria protección contra falla a tierra.

c. Cuidados Generales: Deben identificarse en forma visible mediante el punto verde y deben existir al menos cuatro (4) receptáculos de corriente de toma simple o dos (2) de toma doble.

d. Zona Pediátrica: Revisar que los tomacorriente son a prueba de acceso.

## 4. DISEÑO DE ELEMENTOS DE CONTROL

Para efecto de síntesis del presente trabajo, se expone el diseño de la lista de chequeo para el sistema eléctrico, se describe la importancia de la implementación de este medio de control del sub sistema de tomacorriente y entorno paciente, siendo la misma metodología de diseño según los aspectos de importancia en la aplicación de estos, para los demás sistemas y sub sistemas (ver Anexo B).

En el capítulo anterior se describieron 4 de los 6 pasos de la metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto. El siguiente paso es el diseño e implementación de un medio de control para los elementos de los procedimientos del manual. Este diseño se realizó mediante una lista de chequeo con la cual el operario hará de manera ordenada y planificada el debido mantenimiento que se le es específica, dejando constancia del estado del sistema y tiempos de aplicación, brindándole a las directrices del departamento de gestión e ingeniería hospitalaria datos concretos para las futuras planificaciones y adecuaciones del sistema como el seguimiento en el funcionamiento y estado del mismo.

### Lista de chequeo de entorno paciente

MH		RUTINA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PLANIFICADO		AUTONOMIA de Decisión	
Fecha	DD / MM / AÑO				
Área					
Subárea					
Realizado por:					
Hora de inicio			Hora de terminación		
<b>TOMACORRIENTE Y ENTORNO - SEMA</b>					
3.1.1 Pruebas Cuantitativas					
<b>R1</b>	Gra.Hos.	S / N	Aliment.	N   R   E   UPS	
Tensión Fase - Neutro ( V ) *					
A					Prom.
B					
Medida					
Tensión Fase - Tierra ( V )					
A					Prom.
B					
Medida					
Tensión Neutro - Tierra ( mV )					
A					Prom.
B					
Medida					
<b>Sin energía</b>					
Resistencia Neutro Tierra ( mΩ )					
A					Prom.
B					
Medida					
Fuerza Mecánica superior a 15 g					
			SI	NO	
Observaciones:					
* Tensión nominal (20 (+5 % -10 %) V. NTC 1340					
<b>R3</b>	Gra.Hos.	S / N	Aliment.	R   E   UPS	
Tensión Fase - Neutro ( V ) *					
A					Prom.
B					
Medida					
Tensión Fase - Tierra ( V )					
A					Prom.
B					
Medida					
Tensión Neutro - Tierra ( mV )					
A					Prom.
B					
Medida					
<b>R4</b>					
Gra.Hos.	S / N	Aliment.	R   E   UPS		
Tensión Fase - Neutro ( V ) *					
A					Prom.
B					
Medida					
Tensión Fase - Tierra ( V )					
A					Prom.
B					
Medida					
Tensión Neutro - Tierra ( mV )					
A					Prom.
B					
Medida					

B					
Medida					
<b>Sin energía</b>					
Resistencia Neutral Tierra ( mΩ )					Prom.
A					
B					
Medida					
Fuerza Mecánica superior a 15 g					SI NO
Observaciones:					
* Tensión nominal 220 (+5 % -10 % ) V. NTC 0340					
<b>05</b> Gra.Hes. S / N Aliment. R I E I UPS					
Tensión Fase - Neutral ( V ) *					Prom.
A					
B					
Medida					
Tensión Fase - Tierra ( V )					Prom.
A					
B					
Medida					
Tensión Neutral - Tierra ( mV )					Prom.
A					
B					
Medida					
<b>Sin energía</b>					
Resistencia Neutral Tierra ( mΩ )					Prom.
A					
B					
Medida					
Fuerza Mecánica superior a 15 g					SI NO
Observaciones:					
* Tensión nominal 220 (+5 % -10 % ) V. NTC 0340					
<b>07</b> Gra.Hes. S / N Aliment. R I E I UPS					
Tensión Fase - Neutral ( V ) *					Prom.
A					
B					
Medida					
Tensión Fase - Tierra ( V )					Prom.
A					
B					
Medida					
Tensión Neutral - Tierra ( mV )					Prom.
A					
B					
Medida					
<b>Sin energía</b>					
Resistencia Neutral Tierra ( mΩ )					Prom.
A					
B					
Medida					
Fuerza Mecánica superior a 15 g					SI NO
Observaciones:					
* Tensión nominal 220 (+5 % -10 % ) V. NTC 0340					
<b>09</b> Gra.Hes. S / N Aliment. R I E I UPS					
Tensión Fase - Neutral ( V ) *					Prom.
A					
B					
Medida					
Tensión Fase - Tierra ( V )					Prom.
A					
B					
Medida					
Tensión Neutral - Tierra ( mV )					Prom.
A					
B					
Medida					
<b>Sin energía</b>					
Resistencia Neutral Tierra ( mΩ )					Prom.
A					
B					
Medida					
Fuerza Mecánica superior a 15 g					SI NO
Observaciones:					
* Tensión nominal 220 (+5 % -10 % ) V. NTC 0340					
Medir la seguridad en el entorno					
Receptáculo	Equipo	Valor	Medida		
					mV
					mV
Equipo	Equipo				
					mV
					mV
					mV
Receptáculo	Superficie metálica				mV
					mV
					mV
500 mV áreas generales / 40 mV áreas críticas. NFPA 99					
G112 Pruebas Cualitativas					
Realizar revisión física de estado del tornacorrente y su identificación correspondiente					
Paso	Falso	Identificación			
05		S / N			
02		S / N			
03		S / N			
04		S / N			
Revisar altura del tornacorrente					
Paso	Falso	Comentario			
05					
02					
03					
04					
Paso	Falso	Comentario			
05					
02					
03					
04					
Revisar la cantidad de tornacorrentes del área en revisión					
<b>RECOMENDACIONES:</b> Siempre complete toda la información					
Minimizar precauciones y riesgos Retrazar el mantenimiento					

## 5. DISEÑO DE PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO

Como último paso de desarrollo de la metodología implementada en el presente proyecto, se realizara el plan de mantenimiento anual. En este plan se implementa un cronograma anual de mantenimiento, en el cual se programan los equipos industriales y redes de suministro, según la frecuencia establecida para cada sistema del manual (ver Anexo C).

Para los siguientes sistemas se debe hacer el mantenimiento a diario, además de la programación asignada según la frecuencia sugerida, los sistemas son:

- **Sistema Eléctrico:** Grupo electrógeno.
- **Sistema de vapor:** Caldera.
- **Esterilización:** Autoclave.
- **Tratamiento de agua:** Agua para hemodiálisis.

Para los siguientes sistemas se debe hacer el mantenimiento semanal:

- **Sistema eléctrico:** Grupo electrógeno.
- **Sistema de vapor:** Redes de vapor.
- **Esterilización:** Autoclave, estufa de secado.
- **Tratamiento de agua:** Agua para hemodiálisis.

Para los siguientes sistemas se debe hacer el mantenimiento mensual:

- **Sistema eléctrico:** Grupo electrógeno.
- **Sistema de vapor:** Caldera.



- **Tratamiento de agua:** Agua para hemodiálisis.

Para los siguientes sistemas se debe hacer el mantenimiento trimestral:

- **Sistema de vapor:** Caldera.
- **Esterilización:** Autoclave.
- **Gases medicinales:** Central y redes de gases medicinales, red de tanques criogénicos, oxígeno y óxido nitroso, aire medicinal.
- **Tratamiento de agua:** Agua para el consumo del hospital.
- **Sistema de corrientes débiles:** Detección y prevención de incendios.

Para los siguientes sistemas se debe hacer el mantenimiento semestral:

- **Sistema eléctrico:** Entorno paciente, Puesta a tierra, Pararrayos.

Para los siguientes sistemas se debe hacer el mantenimiento anual:

- **Sistema de vapor:** Caldera.
- **Esterilización:** Autoclave.
- **Tratamiento de agua:** Agua para hemodiálisis.

**Nota:** Se deben considerar los periodos de cambios de aceites, otros líquidos y sustancias así como de partes, según los sugeridos por el fabricante y/o distribuidor, así como también las sugerencias hechas por horas de funcionamiento hechas en el presente manual.

## 6. CONCLUSIONES

- Se cumplió el objetivo general, con el diseño de un manual de procedimientos para el mantenimiento preventivo de equipos industriales y redes hospitalarias, que incluye 6 sistemas ingenieros con 15 procedimientos genéricos que pueden ser aplicados y validado en cualquier Institución hospitalaria.
- Se logra de manera satisfactoria dar respuesta a dos de los objetivos de este proyecto considerados con mayor importancia y dificultad para su desarrollo. Para estos objetivos, se realizó la identificación de los parámetros específicos de los sistemas ingenieros y redes hospitalarias, así como la elaboración de los protocolos de mantenimiento dentro del desarrollo metodológico del proyecto, mediante la retroalimentación con la directora de proyecto y la colaboración de algunos de los docentes de la facultad de ingeniería con los conocimientos e información pertinente.
- Se diseñaron los procedimientos de mantenimiento para cada sistema ingeniero, basados en la identificación de parámetros específicos de cada sistema y red hospitalaria, que comprende los objetivos del proceso, la descripción del sistema y los suministros, herramientas y procedimientos para llevar a cabo cada actividad
- Se diseñaron elementos de control para verificar la ejecución de las tareas o actividades, por medio de una lista de chequeo que permite consignar los datos de las pruebas cualitativas y cuantitativas, el cumplimiento de las tareas y los tiempos de ejecución.
- Con la identificación de la normativa que hace referencia a cada sistema y a las variables tomadas como relevantes para cada uno de estos, se fundamentó el trabajo en principios nacionales e internacionales en gestión de calidad y seguridad hospitalaria, logrando así que los procesos diseñados estén en cumplimiento con los estándares específicos a nivel nacional e internacional.
- Éste proyecto da respuesta a las recomendaciones planteadas por el Ministerio de Protección Social, en el decreto 1769 de 1994 por el cual se reglamenta el artículo 90 del Decreto ley 1298 de 1984 aclarado por el decreto 1617 de 1995 (requerimientos y dotación de mantenimiento), la Superintendencia de Salud mediante la expedición del Decreto 1769 de 1994 y su aclaratorio el Decreto 1617

de 1995 reglamentó el Artículo 189 de la Ley 100 de 1993 (mantenimiento hospitalario) y el ICONTEC haciendo alusión al tema con la ISO 9001 y NTCGP 1000:2004 (sistema de gestión de calidad).

## BIBLIOGRAFÍA

APUNTES DE CLASE de Ernesto B. Rodríguez Denis, Profesor de la asignatura “Ingeniería hospitalaria”, Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali, Agosto ± Diciembre de 2009.

APUNTES DE CLASE de Fabiola Obando, Profesora de la asignatura “Ingeniería Clínica I”, Universidad Autónoma de Occidente. Santiago de Cali, Enero ± Junio de 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Resolución No. 18 0398 (7 de abril de 2004). Por lo cual se expide el Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE). Bogotá, D.C., 2004. P1-119.

DUARTE, William. Política de Seguridad al Paciente: ponencia. En: REUNIÓN TÉCNICA NACIONAL SOBRE VIGILANCIA DE EVENTOS ADVERSOS (2006: Santafé de Bogotá). P. 1-32.

FERNANDEZ, Antonio La figura del ingeniero en el entorno hospitalario. En: Gestión. Diciembre, 2005, vol. 260, p1-4.

GRETTCHEN, Sandi Como disminuir los accidentes en la atención mediante calidad total, uso de computadoras y otras medidas. En: Revista Latinoamericana de Derecho Medico y Medicina Legal. Diciembre, 2002-8, p. 45-48

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Normas y publicaciones [en línea]. [http://www.icontec.org/BancoConocimiento/C/certificacion\\_iso\\_9001/certificacion\\_iso\\_9001.asp?Codldio ma=ESP](http://www.icontec.org/BancoConocimiento/C/certificacion_iso_9001/certificacion_iso_9001.asp?Codldio ma=ESP).

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS Y CERTIFICACION. Normas oficiales para la calidad del agua. NTC 813. Bogotá, D.C.: El instituto, 2008. 1-13 p.

MANUAL DE ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA PROVISION DE OXIGENO LIQUIDO: Formato de archivo: PDF/Adobe Acrobat – Version en HTML Disponible en <[www.ips.gov.py/principal/modules/htmlarea/upload/mettoEEPP-VE-22-04.pdf](http://www.ips.gov.py/principal/modules/htmlarea/upload/mettoEEPP-VE-22-04.pdf)> - Paginas similares

Manual de mantenimiento de áreas críticas. Santo Domingo R.D. Junio, 2002. Publicación técnica No. 13.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto 1769 de 1994 aclarado por el decreto 1617 de 1995 [en línea]. <[http://www.dmsjuridica.com/CODIGOS/LEGISLACION/decretos/1994/DECRETO\\_1769\\_1994.htm](http://www.dmsjuridica.com/CODIGOS/LEGISLACION/decretos/1994/DECRETO_1769_1994.htm)>.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Decreto Número 02174 de 1996 Sistema Obligatorio de Garantía de Calidad del Sistema General de Seguridad Social en Salud [en línea]. <[http://www.esevictoria.gov.co/index\\_files/procedGerencia/GESTION%20DE%20REFERENCIA%20Y%20CONTRARREFERENCIA/NORMATIVIDAD/DECRETO%20%202174\\_files/DECRETO%20%202174.htm](http://www.esevictoria.gov.co/index_files/procedGerencia/GESTION%20DE%20REFERENCIA%20Y%20CONTRARREFERENCIA/NORMATIVIDAD/DECRETO%20%202174_files/DECRETO%20%202174.htm)>.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Reunión Técnica Nacional sobre Eventos Adversos [en línea]. <<http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/NewsDetail.asp?ID=15521&IDCompany=11>>.

MINISTERIO DE LA PROTECCIÓN SOCIAL. Sistema de Gestión de Calidad [en línea]. <<http://www.minproteccionsocial.gov.co/VBeContent/newsdetail.asp?id=17363>>.

NFPA. Standard for health care facilities. NFPA 99. Quincy, Massachusetts. 2002. 17-35 p.

OPS. Manual de mantenimiento para equipo de laboratorio. En: Área de tecnología y prestación de servicios de Salud. Unidad de medicamentos esenciales, vacunas y tecnologías en salud. 2 ed. Washington, D.C. 2005. P. 121-149

RODRIGUEZ DENIS. Ernesto. Manual de Ingeniería Clínica. Habana: 2007. 122 p.

TORREGROSA, GIMENEZ Tratamiento del agua para hemodiálisis. En: Gestión. 1998. Vol. 18, no. 1, p 1-8

## **ANEXOS**

### **Anexo A.**